

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Bakalářská práce

2010

Stanislav Hlavica

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Ideový návrh podvěsného granátometu ráže

40x46 mm

Design of Rifle Gredade Launcher for Cartridge

40x46 mm

Student:

Stanislav Hlavica

Vedoucí bakalářské práce

doc. Ing. Stanislav Procházka, Csc.

Zadání bakalářské práce

Student: **Stanislav Hlavica**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo**
Téma: **Ideový návrh podvěsného granátometu ráže 40x46 mm**
Design of Rifle Gredade Launcher for Cartridge 40x46 mm

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši v oblasti zadaného segmentu trhu s puškovými granátometry důrazem na přehled podvěsných granátometů a analyzujte používané konstrukční principy podvěsných granátometů (konstrukce a uložení hlavně, připojení ke zbraní, uzamčení, způsob nabíjení, spoušťové a bicí mechanismy aj.) a vyberte nejvhodnější konstrukční prvky pro ideový návrh.
2. Vypočítejte potřebné vnitrobalistické veličiny pro náboj 40x46 mm a navrhnete hlaveň, návrh doložte detailním výkresem hlavně a kompletním pevnostním výpočtem.
3. Ideově navrhnete ostatní mechanismy zbraně (upevnění zbraně prostřednictvím normalizovaného rozhraní STANAG 1913, uzamykací ústrojí, bicí a spoušťové ústrojí, mířidla aj.). Nabíjení řešte oboustranné. Návrh zbraně doložte výkresem sestavení v potřebných pohledech a řezech a potřebnými schématy, nákresey a výpočty jednotlivých ústrojí nutných pro doložení návrhu.
4. Popište konstrukci a obsluhu navržené zbraně.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.

Petruželka, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 30. 6. 2009 [cit. 2009-30-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf>.

Fišer, M., Procházka, S. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2007, 120 s.

Fišer, M.: *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2006, 130 s.

Popelínský, L., Procházka, S. aj. *Automatické zbraně*. [Učebnice]. Praha: FMO, 1991, 636 s., číslo tisku RDV-51-1

Friedl, J. *Studie o puškových granátometech*. [Bakalářská práce]. Brno: UO, FVT, 2009, 90 s.

North Atlantic Council: MIL-STD-1913. PFP/NAAG - LG-3. 2001 Revised. 11 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

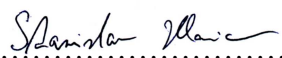


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2010

.....


Prohlašuji, že

jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).


souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2010


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:
Adresa trvalého pobytu autora práce:

Stanislav Hlavica
Nádražní 186; 763 21 Slavičín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavica, S. *Ideový návrh podvěsného granátometu ráže 40x46 mm : bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 48 s. Vedoucí práce: Procházka, S.

Předložená bakalářská práce se zabývá ideovým návrhem podvěsného granátometu ráže 40x46 mm. První část obsahuje přehled granátometů, jejich konstrukčními principy a druhy munice, které se nejvíce používají. Druhá část se zabývá výpočtem parametrů z oblasti vnitřní a vnější balistiky a konstrukčními principy navrhované zbraně doplněné o konstrukční výkresy jednotlivých částí granátometu. Nakonec je popsána obsluha navržené zbraň.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Hlavica, S. *Design of Rifle Gredade Launcher for Cartridge 40x46 mm : Bachelor Thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 48 p. Thesis head: Procházka S.

The submitted thesis deals with the ideological proposal podvěsného 40x46 mm caliber grenade launcher. The first part contains an overview of grenade launchers, their design principy a ammunition types that are most used. The second part deals with the calculation of parameters of internal and external ballistics and weapon design principles proposed, accompanied by design drawings of individual parts of a grenade launcher. Finally, it describes the operation of the proposed weapon.

Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů.....	8
0. Úvod	10
1. Přehled puškových granátometů	11
1.1. Granátometry můžeme rozdělit do následujících skupin.....	12
2. Nejpoužívanější náboje 40x46 LV a 40x53 HV	15
3. Používané konstrukční principy puškových granátometů.....	16
3.1. Konstrukce hlavně	16
3.2. Konstrukce uzamykacích prvků	17
3.3. Konstrukce spoušťového a bicího ústrojí	19
3.4. Konstrukce pojistného ústrojí.....	21
3.5. Konstrukce kotvících prvků.....	21
3.6. Konstrukce zaměřovače.....	22
3.7. Konstrukce přídatných pažeb	24
3.8. Netradiční konstrukce.....	25
3.9. Netradiční munice	28
4. Vnitřní balistika	31
5. Vnější balistika	34
6. Návrh hlavně	36
7. Zvolené konstrukční prvky pro navržený granátomet.....	39
8. Návrh základních takticko-technických požadavků pro nově vyvíjený objekt.....	40
9. Konstrukce a obsluha navržené zbraně	45
10. Závěr	46
11. Seznam použité literatury.....	47

Seznam použitých značek a symbolů

d	Průměr otvoru	[m]
d_s	Ráže střely	[m]
D_H	Průměr hlavně v místě uchycení	[m]
D	Střední průměr pružiny	[m]
D_1	Vnější průměr pružiny	[m]
D_2	Vnitřní průměr pružiny	[m]
E_K	Kinetická energie kladívka	[J]
E_N	Modul pružnosti v tahu či tlaku	[mm]
E_Z	Energie zápalníku	[J]
F_a	Axiální síla	[N]
F_D	Síla působící na dno hlavně	[N]
F_{Hmax}	Maximální síla působící na hlaveň	[N]
F_K	Síla působící na kuželovou část nábojové komory	[N]
F_R	Osová složka odporu při průchodu střely hlavní	[N]
F_1	Síla předepjaté pružiny	[N]
F_8	Síla zatížené pružiny	[N]
$F_{stř}$	Střední síla pružiny	[N]
f	Součinitel tření	[-]
g	Tíhové zrychlení	[m·s ⁻²]
G	Teplotní gradiend	[-]
l	Délka nábojnice v nábojové komoře	[m]

m_q	Hmotnost střely	[kg]
m_z	Hmotnost zákluzových částí	[kg]
M_k	Vypočtený kroutící moment	[N·m]
M_z	Hmotnost zákluzových částí	[kg]
M_q	Hmotnost střely	[kg]
p	Tlak plynu v nábojnici	[Pa]
$p_{a0,3}$	Tlak působící ve třetině tloušťky stěny hlavně	[Pa]
$p_{a0,5}$	Tlak působící v polovině tloušťky stěny hlavně	[Pa]
p_{dh}	Tlak dolní hranice porušení	[Pa]
p_{hh}	Tlak horní hranice porušení	[Pa]
p_k	Konstrukční tlak	[Pa]
p_p	Tlak prachových plynů	[Pa]
p_{sn}	Tlak spotřebního náboje	[Pa]
p_t	Tormentační tlak	[Pa]
r, r_1, r_2	Poloměry hlavně	[m]
R_e	Mez kluzu v tahu	[MPa]
S	Průřez vývrtu hlavně	[m ²]
S_d	Průřez dna nábojové komory	[m ²]
S_1, S_2	Plochy průřezu hlavně	[m ²]
X_{max}	Maximální dostřel	[m]

0. Úvod

Podvěsné granátomety jsou hlavně zbraně určené k vystřelování munice plošného účinku. Mají za úkol vystřelovat granáty na větší vzdálenost než je dosažitelná hodem ručního granátu (50m) a zároveň zabezpečit minimální bezpečnou vzdálenost při palbě dělostřelectva (300m). Zároveň poskytuje značnou palebnou sílu nejmenším vojenským oddílům (družstvo), protože poskytnutí dělostřelecké palebné podpory není v řadě případů dostatečně rychlé.

Samostatná konstrukce podvěsných granátometů nedoznala v posledních letech téměř žádných zásadních změn, kromě stále se zvyšujícího použití nových konstrukčních materiálů a technologií, které ve svém důsledku zmenšují hmotnost zbraně, zvyšují její odolnost a prodlužují životnost při klesajících nákladech na výrobu.

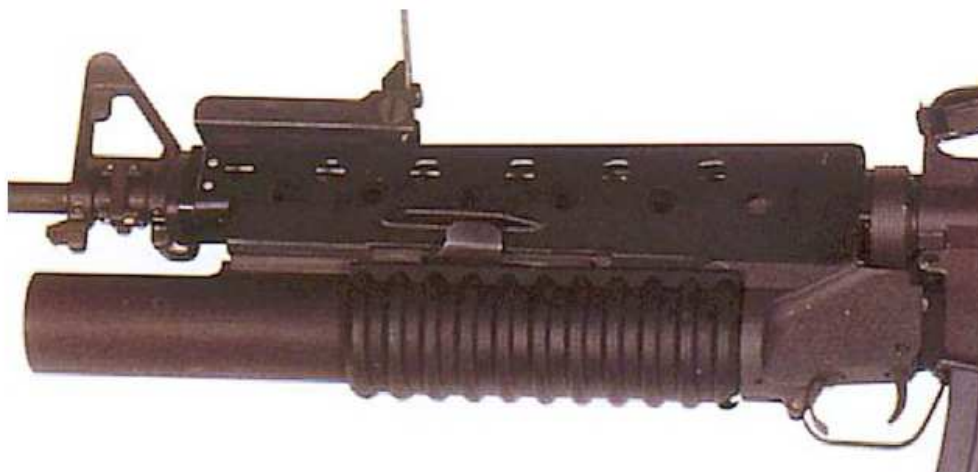
Intenzivnější vývoj je patrný zejména v oblasti munice, kde se v budoucnu počítá s použitím programovatelné munice. Projekt programovatelné munice je dále u nábojů 40x53 HV.

1. Přehled puškových granátometů

První granátometry vznikly na počátku 20. století, velký rozvoj zaznamenaly během zákopových bojů 1. světové války. Pro střelbu prvních takových granátů byla zhotovena různá úst'ová zařízení. V dnešní době takové granáty(granátometry) označujeme jako úst'ové.

První ruční a podvěsné granátometry zbraně s hlavní s drážkovaným vývrtem, vystřelující projektily s plošným – střepinovým účinkem byly zavedeny do výzbroje v průběhu 60 let v období války ve Vietnamu. Podvěsné granátometry jsou dnes již nezbytným doplňkem základní výzbroje bojových jednotek. Hlavním důvodem, proč se vytvořila podvěsná verze těchto zbraní je, aby bojová jednotka mohla využít palebnou sílu základních zbraní (útočných pušek) všech jejich členů a byla doplněna o zbraň vystřelující granáty se střepinovým účinkem.

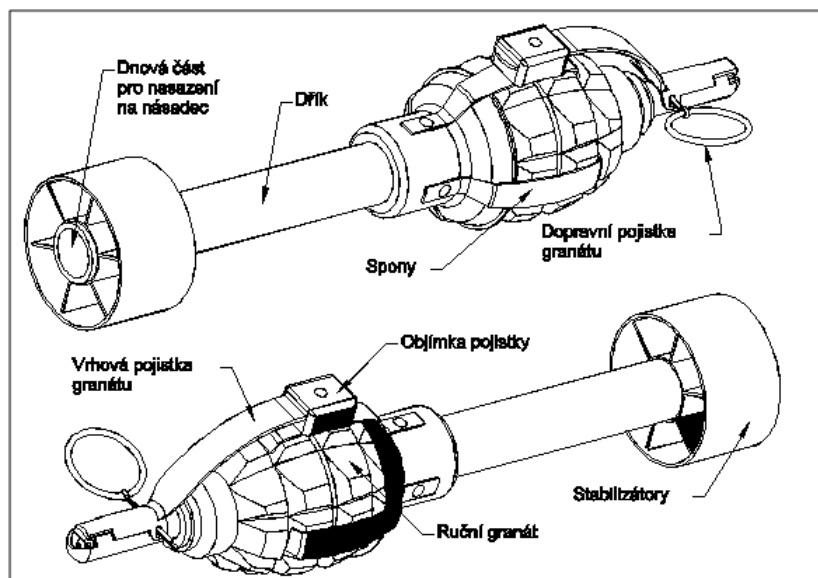
Kladné hodnocení bojových vlastností ručních a podvěsných granátometů zákonitě vedlo ke snaze získat zbraň s větším dostřelem a účinkem. Dalším logickým stupněm se tak staly automatické granátometry, prvním zavedeným se stal americký granátomet Mk 19 v ráži 40x53mm. Má hmotnost 34kg (včetně podstavce) a umožňuje vést střelbu dávkami až na vzdálenost 2200m (počáteční rychlost střely 240m/s)



Obrázek 1-Podvěsný granátomet M203

1.1.Granátomety můžeme rozdělit do následujících skupin

Puškové (úst'ové) granátomety – granáty jsou vystřelovány z hlavně jednotlivce, která poskytuje nezbytné rozhraní. Zpravidla to je úst'ový nástavec, nebo spigot na kterém je nasunut a zajištěn vystřelovaný granát. Vymetení probíhá pomocí spalných plynů ze standardního náboje, nebo nábojkou pro tento účel určenou.



Obrázek 2-Puškový granát pro vystřelování z úst'ového granátometu

Ruční granátomety

Jednoranové granátomety (některé se zásobníkem) ovládané jednou osobou v samostatném provedení (např. M79, RGB-6 nebo MILKOR);



Obrázek 3-Ruční granátomet M79

Ruční granátomet M 79

Ruční granátomet M 79 je určen jako samostatná podpůrná zbraň. Vystřeluje granáty s různým účinkem na vzdálenost 150m (přesná střelba) a 400m (plošná střelba). Střela – granát je stabilizován rotací.

Zbraň je konstruována jako jednoraná se sklopnou hlavní a lůžkovým závěrem. Vytahovač nábojnic (nábojů) je konstruován jako odpružený.

Odemykání zbraně se provádí páčkou na horní straně závěru. Při odemykání se automaticky vystaví blokace spouště a při sklopení hlavně dojde k natažení bicího kladívka. Zbraň lze po nabití odjistit pouze v případě, že nábojová komora je spolehlivě uzamčena.

Bicí mechanismus je kohoutkového typu. Natahována je pomocí pákového převodu při vyklápění hlavně. Zápalník je v lůžku závěru odpružený.

Granátomet je zaměřován pomocí mechanických mířidel – mušky a hledí uchycených na hlavní zbraně. Hledí je sklopné a stranově i výškově seřiditelné. Dálky na stupnici odstupňovány od 75 do 375 metrů, po 25 metrech. Na rámečku sklopného pevné hledí je naletováno hledí pro střelbu ve sklopené poloze (střelba do 75 m). Pro dálky nad 400 m se používá kvadrantu s libelou (vyšší záměrné úhly), nebo rychlé metody zaměření zbraně pomocí označeného popruhu zbraně.

Nabíjení zbraně se děje otočením aretační páky hlavně doprava (po dobu nabíjení je v otevřené poloze aretována odpruženým kolíkem) a vyklopením hlavně nábojovou komorovou směrem nahoru, čímž napínací táhlo napne bicí mechanismus. Po vložení náboje se hlaveň sklopí zpět. Před střelbou je nutné odjistit zbraň šoupátkovou pojistkou (automaticky se vystaví při odemčení hlavně).[3]

Heckler & Koch 40mm HK79

HK79 byl vyvinut u slavné firmy Heckler & Koch z Německa. Je navržen pro podvěšení pod německou útočnou pušku G3. Granátomet můžeme používat i samostatně se speciální teleskopickou pažbou nezávisle na uchycení k útočné pušce G3. HK79 může střílet všechny typy 40mm LV munice, včetně granátů dýmových, plynových a gumových.[7]

Takticko technická data:

Ráže: 40x46mm

Typ spoušťového mechanismu: SA

Váha včetně mířidel: 1670, v kompletu s puškou G3 5,6 kg

Délka hlavně: 280 mm

Mířidla: od 50-350m

Stoupání vývrhu: konstantní

Odpor spouště: neuveden

Síla nutná pro odjištění (zajištění) zbraně: neuvedena

Úst'ová rychlost: 76m/s



Obrázek 4-Granátomet HK 79

Automatické granátomety se zpravidla pásovým zásobováním municí, ustavené na lafetě a ovládané několika osobami – družstvem (např. US Mk19, LAG-40 SB M-2 ,HK GMG, AGS-17 atd).



Obrázek 5-HK GMG automatický granátomet (Německo)

2. Nejpoužívanější náboje 40x46 LV a 40x53 HV

V současnosti používají státy NATO dva druhy nábojů do granátometů ráže 40mm. Pro podvěsné granátomety je určen náboj 40x46mm LV (Low Velocity) a pro automatické granátomety je určen náboj 40x53 HV (High Velocity).

Granáty 40x46 i 40x53 jsou určeny pro boj s nekrytou živou silou, palebními ohnisky a nepancéřovanou nebo lehce pancéřovanou technikou. U tříšťivokumulativního granátu je uváděn průraz až 60 mm kolmé pancířové oceli nebo 300 mm cihlové zdi. Protože se jedná o kumulativní střelu je průrazný účinek prakticky nezávislý na vzdálenosti (vzhledem k nízkým hodnotám dopadových rychlostí). Velikost účinku kumulativního granátu postačuje k vyřazení většiny OT a BVP. Zejména u granátů 40x46 dosahují dopadové úhly střely velkých hodnot a do značné míry tak eliminují zkosení pancířů.

Rozdíl je ale ve hmotnostech střel a v konstrukci jejich vodících obrouček, do které se zařezávají drážky vývrtu hlavně během pohybu střely v hlavni (udělují jí stabilizaci rotací). Zatím co si střela náboje 40x46 LV vystačí vzhledem k malým rychlostem s plastovou (nebo hliníkovou) vodící obroučkou, u střel 40x53 HV již musí být vodící obroučka měděná a široká tak, aby vyhověla vyššímu zatížení a přenesla stabilizační otáčky na střelu.

U obou granátů je (u příslušného typu) použito mechanických nárazových zapalovačů, jejichž zajištění (odjištění) je založeno na setrvačné síle vznikající během urychlování střely v hlavni a rotaci střely.

Srovnávací tabulka základních parametrů obou nábojů

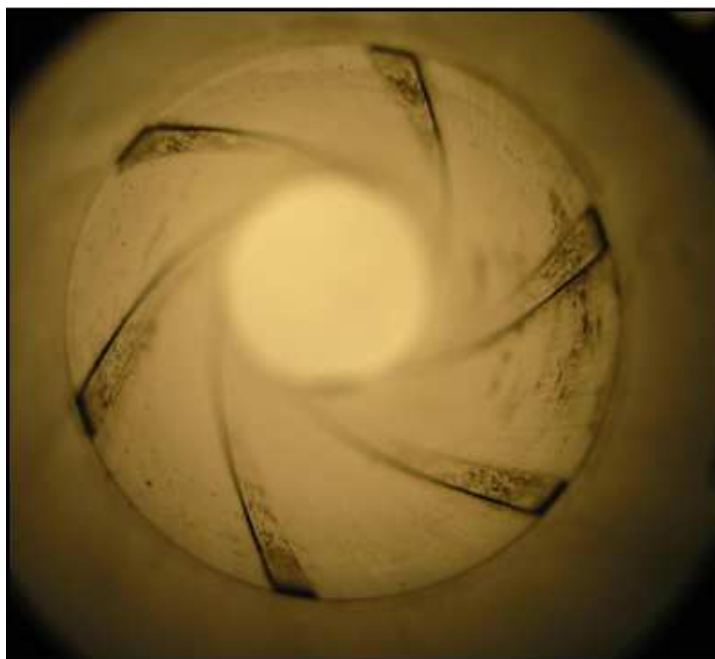
Parametr	40x53mm HV	40x46mm LV
Průměrná hmotnost střely /g/	245	198
Limitní hodnoty citlivosti zápalky /J/		
0% iniciace	0,042	
100% iniciace	0,28	
Doba vývinu rány /m.s ⁻¹ /	4	-
Rychlost V ₀ /m.s ⁻¹ /	237	78
Max. tlak-primární komora /MPa/	115 (piezo)	250
Max. tlak-hlaveň /MPa/		21
Max. účinný dostřel /m/	2200	400
Prachová náplň /g/	4,6	0,5

Tabulka 1-Srovnávací tabulka nábojů 40x53mmHV a 40x46mmLV

3. Používané konstrukční principy puškových granátometů

3.1.Konstrukce hlavně

Hlaveň podvěsného granátometu je zpravidla vyrobena z duralové slitiny. Duralová slitina je použita především kvůli nízké měrné hmotnosti a malému namáhání tlakem prachových plynů. Vývrt hlavně je tvrdě eloxován pro zvýšení odolnosti vůči otěru.



Obrázek 6-Vývrt hlavně

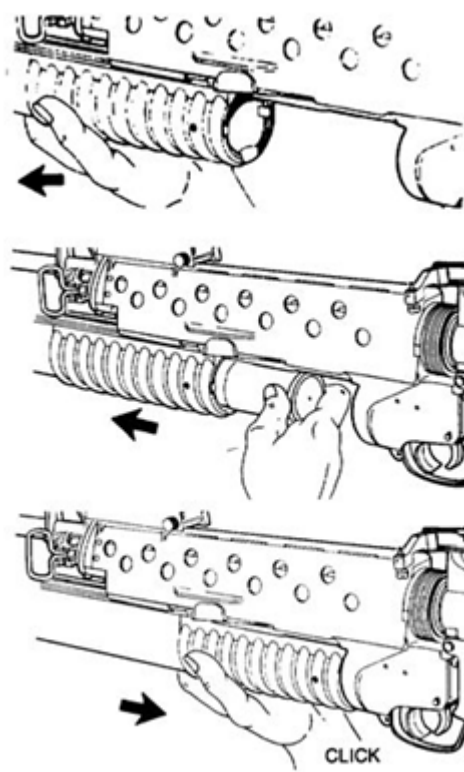
3.2.Konstrukce uzamykacích prvků

Na konstrukcích stávajících podvěsných granátometů byly pozorovány tři základní systémy uzamčení:

Hlaveň odsuvná v ose výstřelu

Výhoda- je především v rychlosti přebíjení mezi výstřely. Přímočarý pohyb hlavně je s výhodou použit k natažení úderníku. Proti výstřelu při neuzamčené nábojové komoře je provedeno odpružení hlavně těsně před uzamčením-napnutí bicí pružiny. V případě neuzamčení je hlaveň oddálena od čela závěru a zápalník úderníku nedosáhne na zápalku. Není nutno dimenzovat odskok úderníku, protože vyčnívající zápalník nemá vliv na funkci mechanismu odemykání, vytahování a vyhazování nábojnice. Ovládání odemykání hlavně se děje nestřílející rukou a to uvolněním západky umístěné nad hlavní.

Nevýhoda- je nemožnost vkládat náboje s delší strelou (délka vkládaného náboje max. 127 mm) jako například střely se slzotvornou látkou, nebo osvětlovací střely.



Obrázek 7-Přebíjení hlavně

Hlaveň pevná a nábojová komora je výklopná na čepu do strany

Výhoda- není nutno dimenzovat uzamykací prvky, protože síly od výstřelu jsou zachycovány čelem závěru a hlavní.

Nevýhoda- je nemožnost vkládat náboje s delší střelou jako například střely se slzotvornou látkou, nebo osvětlovací střely. Další nevýhodou se jeví úbytek V_0 v důsledku profuku plynů spárou mezi nábojovou komorou a hlavní obdobně jako u revolveru (o cca 6 m/s). U tohoto provedení je nutno pro bezproblémové vyklopení NK počítat s nutností odskoku zápalníku.

Hlaveň je výklopná do stran (lůžkový závěr)

Výhoda- možnost vkládat náboje různé délky střely. Snadná manipulace.

Nevýhoda- je nutná přítomnost odskoku zápalníku pro bezproblémové vyklopení hlavně.



Obrázek 8-Hlaveň výklopná do stran

3.3.Konstrukce spoušťového a bicího ústrojí

Konstrukce spoušťového mechanismu vychází z osvědčených principů použitých u pěchotních zbraní (pistolí).

Spoušťový mechanismus je soustava vzájemně pohyblivě spojených těles, která slouží k ovládání činnosti bicího mechanismu. Součástí která ovládá spoušťový mechanismus se nazývá spoušť. Nejvýznamnější funkční plochou je záchyt. Je tvořen kontaktem obou součástí v záběru, tj. spoušťová páka a ta součást bicího mechanismu, na kterou působí bicí pružina (kladívko, úderník). U granátometů se převážně používají dva druhy spoušťových mechanismů a to je: Kohoutkové napínání (Single Action) a Spoušťové napínání (Double Action Only).

Kohoutkové napínání (Single Action)

Používá se zpravidla u zbraní s výklopnou nábojovou komorou , hlavní, nebo posuvnou hlavní. Napínání kohoutku je odvozeno od pohybu hlavně (M203), nebo přímo ruční (RGB-1, HK 79). Odpor spouště se pohybuje kolem 20N.



Obrázek 9-Kohoutkové napínání

Spoušťové napínání (Double Action Only)

Používá se zpravidla u zbraní s výklopnou hlavní (AG 36). Kohoutek je napínán spouští. Odpor spouště se pohybuje kolem 40N. U napínacích spoušťových mechanismů se nejdříve bicí pružina stlačuje pomocí spouště a tím se akumuluje potřebná energie. Musíme zvážit, aby při stlačení spouště byl na jedné straně přijatelný odpor a na straně druhé zůstala přijatelně dlouhá dráha spouště.



Obrázek 10-Detail spoušťového mechanismu M79

3.4. Konstrukce pojistného ústrojí

Spoušťový mechanismus podvěsného granátometu je vybaven manuální pojistkou, která blokuje buď spoušť, nebo některý člen spoušťového mechanismu proti nechtěnému výstřelu.



Obrázek 11-Pojistka v poloze zajištěno

3.5. Konstrukce kotvících prvků

Podvěsný granátomet je upevněn pod zbraní zpravidla na dvou místech pomocí tvarového vybrání a čepů. Při návrhu kotvících prvků podvěsného granátometu je třeba brát v úvahu síly od výstřelu působící na kotvící prvky.



Obrázek 12-Přední konzola zbraně



Obrázek 13-Zadní upevňovací konzole zbraně

3.6.Konstrukce zaměřovače

Základní mechanické zaměřovače podvěsných granátometů zpravidla tvoří mušku a sklopné rámečkové hledí pro přímou střelbu do cca 400m. Mušku tvoří buď muška hostující zbraně (M16), nebo vlastní muška podvěsného granátometu (HK G36). Hledí mechanického zaměřovače umožňuje výškovou rektifikaci, která je zpravidla odstupňovaná po 50 m, přičemž se sklopeným hledím lze zaměřovat do cca 75m. Zaměřovací prvky jsou uchyceny na hostující zbrani buď na horní, nebo boční straně předpažbí.

Pro střelbu na větší vzdálenosti (do cca.400m) je možno použít kvadrantových mířidel. Tato mířidla dovolují střelbu na všechny uvedené vzdálenosti. Jistou nevýhodou je poněkud delší čas na jejich seřízení na požadovanou vzdálenost. Je velmi vhodné využít u zaměřovače i jednoduchý dálkoměr například ve formě šablony pro známou výšku cíle.



Obrázek 14-Hledí granátometu M79

V moderních armádách se dlouho používala standartní pevná mířidla, u západních zbraní to bylo i trochu nemotorné dioptrické hledí. V posledních letech se ale na zbraních objevují stále častěji optoelektronické zaměřovače.

Pro rychlejší zaměřování cíle i ve zhoršených světelných podmínkách (soumrak, mlha) se používá optoelektronických zaměřovačů různých konstrukcí a od různých výrobců. Jako příklad zde uvádím zaměřovač od firmy Metropolite- MAPRO GLS-203. Tento zaměřovač nepotřebuje externí zdroj el. energie. Využívá technologie světlovodných vláken pro zesílení zbytkového světla (soumrak). Za tmy je osvit zaměřovacího bodu zabezpečen tritiovým zářičem. Zaměřovač lze seřídít stranově i výškově. Lze jej použít od 50 do 350 (400)m po 25m. Velikost bodu je 4 MOA. Hmotnost 150g. Lze jej uchytit na standartní rozhraní NATO.



Obrázek 15-Zaměřovač MAPRO GLS-203

3.7.Konstrukce přídatných pažeb

Pro potřeby pořadových složek policie, nebo speciálních jednotek jsou podvěsné granátomety uchyceny ve speciálních montážích s pažbou a rozhraním pro uchycení zaměřovacích prvků (zpravidla pro přímou střelbu). V tomto uspořádání slouží jako samostatné zbraně-ruční granátomety. U těchto zbraní je vzhledem k větším možnostem výhodné použití konstrukčních prvků tlumících energii od výstřelu. Výhodou podvěsných granátometů uchycených ve speciálních montážích s pažbou je především lepší ovladatelnost zbraně (osa hlavně blíže ose pažby) a univerzálnost použití podvěsného granátometu.



Obrázek 16-Speciální montáž s pažbou

3.8. Netradiční konstrukce

Granátomet GP-25 a GP-30

Granátomet GP-25 je kompaktní, poměrně krátký, skládá se z krátké hlavně, spoušťového mechanismu, krátké pistolové pažbičky a stavitelných mířidel.

Granátomet se upevňuje k útočné pušce AK zespodu pod hlaveň, způsob připevnění k útočné pušce je jednoduchý a nevyžaduje žádný zásah do konstrukce pušky.

Granát se zasouvá do granátometu ústím hlavně, zatlačí se do hlavně, až ho zachytí svorka, která brání vypadnutí granátu z hlavně. Proti nechtěnému výstřelu má granátomet na levé straně těla mechanickou pojistku, která má dvě polohy: „PR“ - zajištěno a „OG“ - odjištěno. Mimo ní je granátomet vybaven automatickou pojistkou, střelba z granátometu není možná jestliže granátomet není připevněn k útočné pušce nebo je připevněn špatně. Vyjmutí nevystřeleného granátu se provádí pomocí vybíjecí páčky, která uvolní granát v hlavni a povytlačí granát z hlavně.

Mířidla jsou mechanická, otevřená a umožňují míření při přímé střelbě. Mířidla jsou u granátometu GP-25 umístěna na levé straně zbraně, kdežto u GP-30 na pravé straně. Pro tlumení zpětného rázu při výstřelu lze na pažbu útočné pušky připevnit gumovou botku.

Maximální dostřel je 400 metrů, ovšem na tuto vzdálenost se již nedá vést přesná střelba. Spolehlivost granátometu je garantována v klimatických podmínkách v rozsahu teplot – 50 až +50°C.[7]

TTD granátometu GP-25 a GP-30		
	Granátomet GP-25	Granátomet GP-30
Ráže, mm	40	40
Váha, kg	1,5	1,3
Rozměry, mm	323x76x120	276x68x147
Ústňová rychlost, m/s	76	76
Kadence ran/min	4-5	4-5
Dostřel, m	400	400
Hlední dálka, m	380	380

Tabulka 2-TTD granátometu GP-25 a GP30



Obrázek 17-Granátomet GP-25



Obrázek 18-Granátomet GP-30

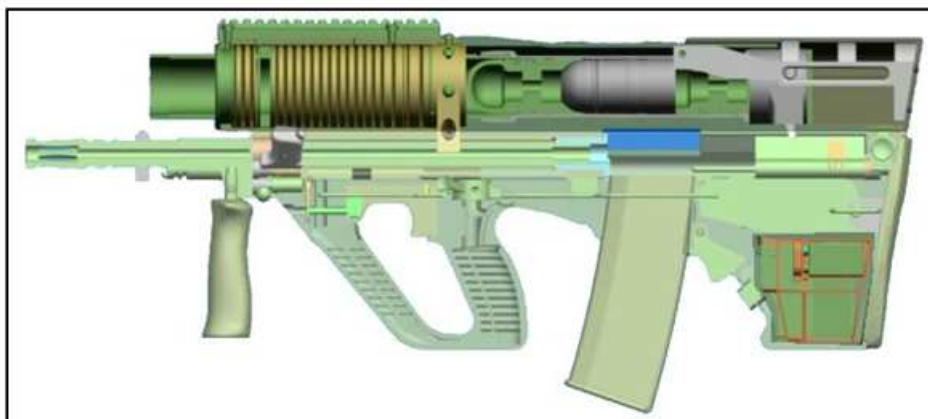
Systém Metal Storm

Australský konstruktér Mike O'Dwyer si nechal patentovat zbraňový systém Metal Storm – zbraň s elektronickým palebným systémem. Zbraně systému Metal Storm nemají žádné pohyblivé části – s výjimkou střel samotných. Základní princip spočívá v uskladnění střel uvnitř samotné hlaveň. Za každou ze střel se pak nachází prachová slož. Při výstřelu se střela za složi nepatrně "roztáhne", aby hlaveň zablokovala a zabránila tak vznícení další prachové slože.[7]

Hybridní zbraň

(HEM – Hybrid Electro Mechanical) je projekt ruční zbraně, která se skládá ze dvou hlavních. Spodní hlaveň střílí střely ráže 5,56mm konvenčním způsobem, zatímco horní je granátomet systému Metal Storm. Velkým úspěchem firmy je kontrakt s australskou armádou, která v rámci programu AICW (Advanced Individual Combat Weapon) hledá novou útočnou pušku. Firma Metal Storm tak zbraň podle konceptu

HEM, kdy spodní část vychází z 5,56mm pušky Steyr AUG a horní část je 40mm (nebo 20mm) granátomet.



Obrázek 19-Hybrid Electro Mechanical

Project FN SCAR – ELGM

V současnosti probíhají zkoušky tohoto systému u automatických granátometů a munice, kde se na základě údajů z balistického počítače naprogramuje čas funkce střely v terénu. Firma FN Herstal představila studii podvěsného granátometu ELGM, uzpůsobeného pro vystřelování programovatelné munice 40x46mm LV. Vývoj probíhá v rámci projektu SCAR (Special Combat Assault Rifle).[7]



Obrázek 20-Granátomet ELGM

3.9. Netradiční munice

Tříštivé granáty VOG-25 a VOG-25P

Pro střelbu z podvěsného granátometu GP-25 nebo GP-30 se používají tříštivé granáty VOG-25 a VOG-25P, které se zásadně liší od obdobných granátů západního vzoru, protože nemají žádnou nábojnici. Dno střely-granátu je vybaveno dutinou pro uložení výmetné náplně se zápalkou. Po stisknutí spouště udeří zápalník na zápalku, která zažehne hnací náplň. Plyny expandují otvory z dutiny a vymetají granát z hlavně.

Granáty mají ve střední části na ocelovém těle střely předtvarovány drážky pro vodící – drážkovanou část vývrtu hlavně a zabezpečují potřebnou rotační stabilizaci za letu.

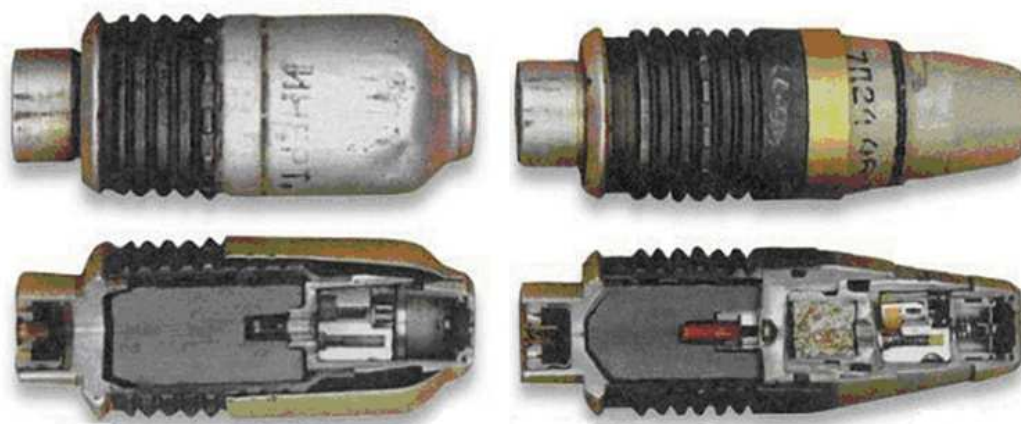
Nárazový zapalovač se odjistí ve vzdálenosti 10 až 40 metrů od ústí hlavně (masková jistota). Nedosáhne-li granát cíle, následuje po 14 až 19 sekundách autodestrukce. Tělo granátů je ocelové s výraznými předtvarovanými střepinami. Hlavový, nárazový, okamžitý zapalovač je velmi citlivý i na sněhu a vodní hladině.

Tříštivý granát VOG-25 má ocelové tělo v přední části překryté čepičkou z hliníkové slitiny ogiválního tvaru, při dopadu na cíl vybuchuje a působí smrtícím střepinovým účinkem v poloměru 6 metrů. Druhý typ granátu VOG-25P je poněkud delší, jeho přední část tvoří zařízení (malá pyrotechnická náplň), díky kterému při dopadu na cíl odskočí do výšky 0,5 až 1,5 metru, kde vybuchuje se smrtícím střepinovým účinkem v poloměru 6 metrů (pravděpodobnost vyřazení cíle velikosti lidské postavy je 50%). Navíc se výrazně zvyšuje pravděpodobnost vyřazení zalehlé živé síly.

Dýmový granát GRD-40 a plynový granát Gvozd

Dýmový granát GRD-40 je navržen k vytvoření kouřové clony, která má maskovat vojáky před zaměřením nepřátelskými lehkými zbraněmi s optickými či nočními zaměřovači blízkými infračervenému spektru.

Plynový granát Gvozd je určen pro použití proti demonstracím. Je zkonstruován aby vytvořil aerosolový oblak slzotvorného plynu CS a pro případ přímého zasažení člověka je vybaven bezpečnostní gumovou špicí.



Obrázek 21-Granát VOG-25 a VOG-25P

TTD granátů				
	Tříštivý granát VOG-25	Tříštivý "skákáci" granát VOG-25P	Dýmový granát GRD-40	CS granát Gvozd
Ráže /mm/	40			
Hmotnost /g/	250	275	260	170
Délka /mm/	102	122	150	102
Rychlost v_0 /m.s ⁻¹ /	76	75	70-75	70-75
Hmotnost trhaviny /g/	48	42	-	-
Doba autodestrukce /s/	14-19	14-19	-	-
Dostřel /m/	400	400	50-200	50-200
Maximální čas vývinu plynu /s/	-	-	-	12
Účinná látka	-	-	-	CS

Tabulka 3-TTD granátů

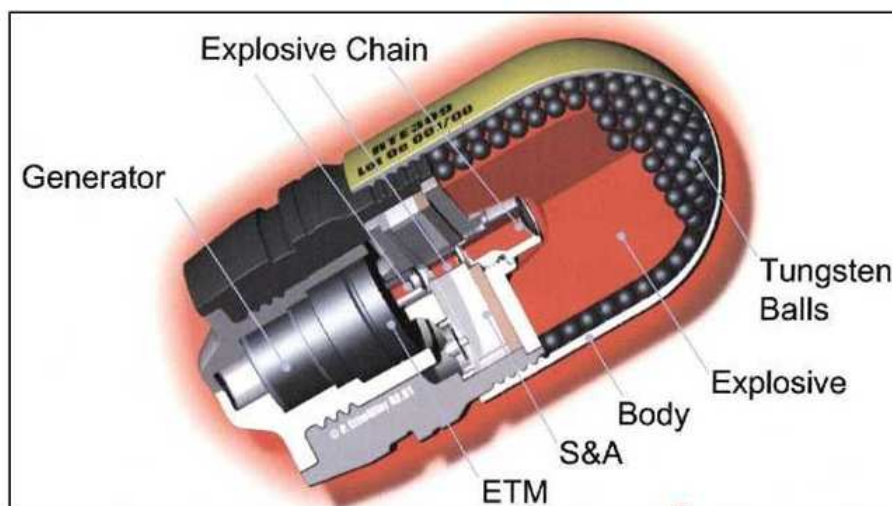
Programovatelná munice

Již několik let probíhá vývoj tříštivé munice do granátometů schopné zasahovat protivníka i za překážkou a to působením vzdušné časově programované exploze. S tímto systémem se také počítá v modernizačních procesech většiny armád NATO (voják pro 21 století).

Projekty munice s programovatelným časem exploze se ve světě zabývá několik firem. Jedna z prvních aplikací tohoto systému vzdušného rozprasku byla použita u 35mm kanónové munice A-HEAD protiletadlového systému Oerlikon a to před cca 15

lety. Střela obsahovala zapalovač, který se progamoval pomocí indukční cívky na ústí hlavně a bral v úvahu i zjištěnou rychlost střely. Čas rozprasku (iniciace střely) byl vypočten v balistickém počítači na základě informací z radaru o pohybu cíle a balistických prvků střelby do balistického počítače zadaných. Právě způsobem a okamžikem časování se tato munice liší od dříve používaných časovacích zapalovačů, které bylo nutno nastavit (načasovat) manuálně před střelbou.

Firma Rheinmetall Defence v současnosti vyvíjí novou **40mm munici ABM** (Air Burst Ammunition) pro granátomety. Koncepce této munice spočívá v použití jednoho časovacího zapalovače ve střelách s různým použitím např. trhavá, tříštivo trhavá, záblesková s ránou, nebo slzotvorná. Navíc konstrukce tříštivo trhavé střely umožňuje rozprask předfragmentovaných střepin (slinuté karbidy wolframu) rovnoměrně do předem definovaných směrů.



Obrázek 22-40mm náboj ABM

Firma NAMMO úspěšně vyvinula munici pro automatické granátomety **40mmx53 MK285 PPHE**, která byla schválena pro použití ve zbraňovém systému MK47 Striker 40 ALGL. Hlavový zapalovač s autodestrukcí umožňuje provést konstrukci střelin v těle granátu tak aby působily do boků a dozadu. Vysoce efektivní je tato munice při operacích v zastavěných oblastech (ve městě). Tato technologie je aplikovatelná i na náboj do podvěsných granátometů 40x46 LV. NAMMO také vyvinula novou bezdrátovou technologii pro efektivní programování časového zapalovače. Tento

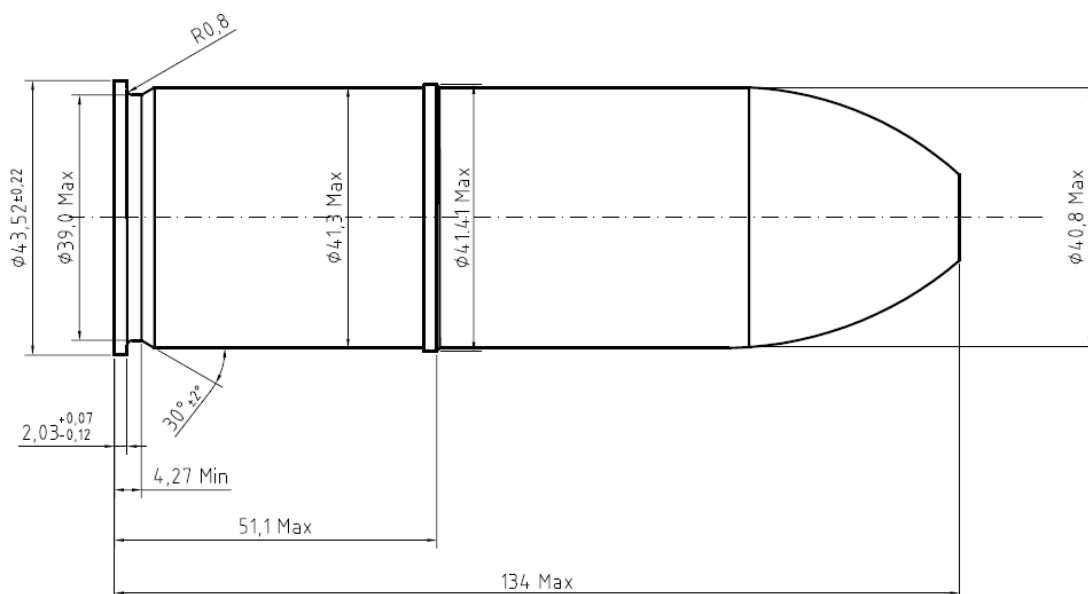
systém může být zařazen do jakéhokoliv zbraňového systému v rámci systému řízení palby. Tento systém nevyžaduje žádnou modifikaci na zbraní.

Firma Singapore Technologies Kinetics (ST Kinetics) LTD vyvinula systém s programovatelnou municí **ABMS (Air Bursting Munition Systém)**. Munici 40mm ABM společně se systémem řízení palby, který se skládá z balistického počítače (FCS) a programovací jednotky (AP) je možno tyto použít u automatických granátometů a to bez úprav vlastní zbraně. Výrobce deklaruje vyšší účinek a přesnost granátu v cíli.[2]

4. Vnitřní balistika

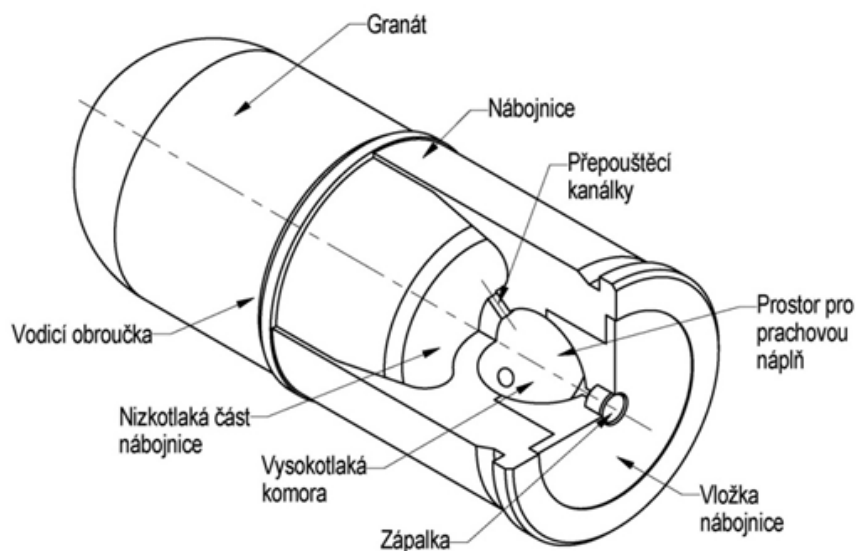
Granát 40x46mm LV

Při návrhu konstrukce zbraně se doporučuje vycházet z předpokladu, že zbraň bude komorována na náboj standardizovaný v NATO. NATO v současnosti sice nemá standardizován náboj pro použití v podvěsných granátometech, nicméně (až na několik výjimek) je u ručních a podvěsných granátometů podporován náboj 40x46mm LV (Low Velocity). Ve výhledu několika let se uvažuje tento náboj v NATO standardizovat. Na obrázku je náboj 40x46mm LV spolu se základními rozměrovými údaji (převzato z návrhu STANAG).



Obrázek 23-Granát 40x46mm LV

Náboj 40x46 je určen pro ruční a podvěsné granátomety, které musí být relativně lehké, z toho důvodu nemůže být hlaveň příliš hmotná a tlaky při hoření prachové náplně vysoké. Bezdýmné prachy používané v moderních zbraních mají společnou nevýhodu a to je nepravidelnost hoření při nízkých tlacích. Následkem je velký rozptyl počáteční rychlosti a z toho pramenící nízká přesnost. Konstrukteři granátu 40x46 proto použili tzv. dvoutlaký princip. V první (relativně malé) vysokotlaké komoře hoří prachová náplň při vysokém tlaku (který zabezpečí rovnoměrnost hoření), zplodiny hoření proudí malými spojovacími kanálky z vysokotlaké komory do hlavně, tam však díky velkému objemu tlak výrazně poklesne.

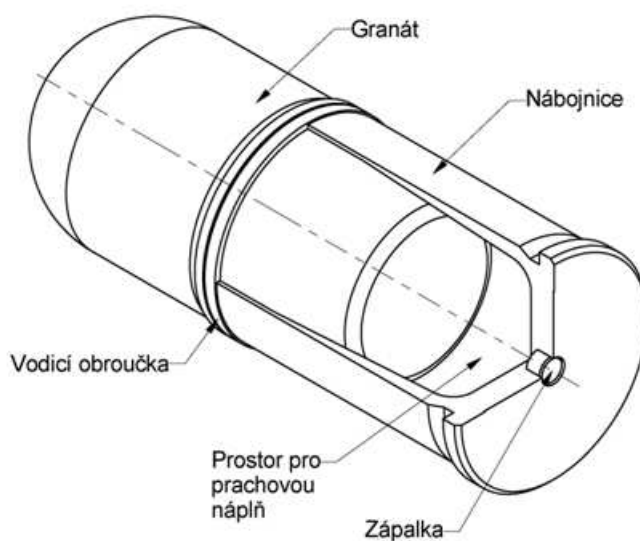


Obrázek 24-Řez nábojem 40x46mm LV

Hlaveň tak může být dimenzována na podstatně nižší tlak. Nevýhodou tohoto řešení je složitější konstrukce a nižší dosažitelné rychlosti střely. První problém se složitou konstrukcí se řeší vhodnou technologií, nízká rychlost střely u granátometu není problém, protože je stejně podstatně více limitována fyzickou dispozicí střelce. U granátu 40x46 je maximální tlak v hlavni (díky dvoutlakému principu) 21 MPa.

Granát 40x53mm HV

U granátu 40x 53mm HV je použito klasického vnitrobalistického principu.



Obrázek 25-Řez nábojem 40x53mm HV

Při střelbě z podvěsného granátometu působí na střelce síla od výstřelu. Vliv výstřelu na střelce je značně komplikovaný, maximální dovolené zatížení střelce je většinou udáváno současným splněním maximální energie 40 J a maximální hybností $5\text{ kg} \cdot \text{m/s}$. Budeme uvažovat střelbu granátu 40x53 ze samostatného granátometu o hmotnosti 3kg (což je méně příznivý případ). Vzhledem ke kratší délce hlavně (oproti automatickému granátometu) lze předpokládat počáteční rychlost 200m/s, hmotnost granátu 245g. Vzhledem k nízkým hodnotám úst'ového tlaku a relativně malé hmotnosti prachové náplně (4,6) lze přímo určit zákluzovou rychlost granátometu:[5]

$$m_g \cdot v_g = m_z \cdot v_z \Rightarrow v_z = \frac{m_g \cdot v_g}{m_z} = \frac{0,245 \cdot 200}{3} = 16,3\text{ m/s}$$

$$E_z = \frac{1}{2} \cdot m_z \cdot v_z^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 16,3^2 = 398\text{ J}$$

Jak je z výpočtu patrné obě kritéria jsou výrazně překročena. Vzhledem k nízkým úst'ovým tlakům není účelné ani použití úst'ové brzdy pro snížení zatížení střelce. Použití například pružné botky pažby je dále limitováno velkým rozsahem úhlů výstřelu. Využití zákluzného systému brání další nárůst hmotnosti.

Již u puškových granátometů se využívala střelba, kdy je puška (granátomet) přímo opřena o zem a střelba se tak vede obdobně jako s minometů malých ráží. U navrhovaného granátometu ji však nelze využít a to pro požadavek přímé střelby z ramene.

5. Vnější balistika

Oba dva granáty jsou stabilizovány rotací, vnější tvar obou granátů je velmi podobný, rozdíl je v hmotnosti a počáteční rychlosti.

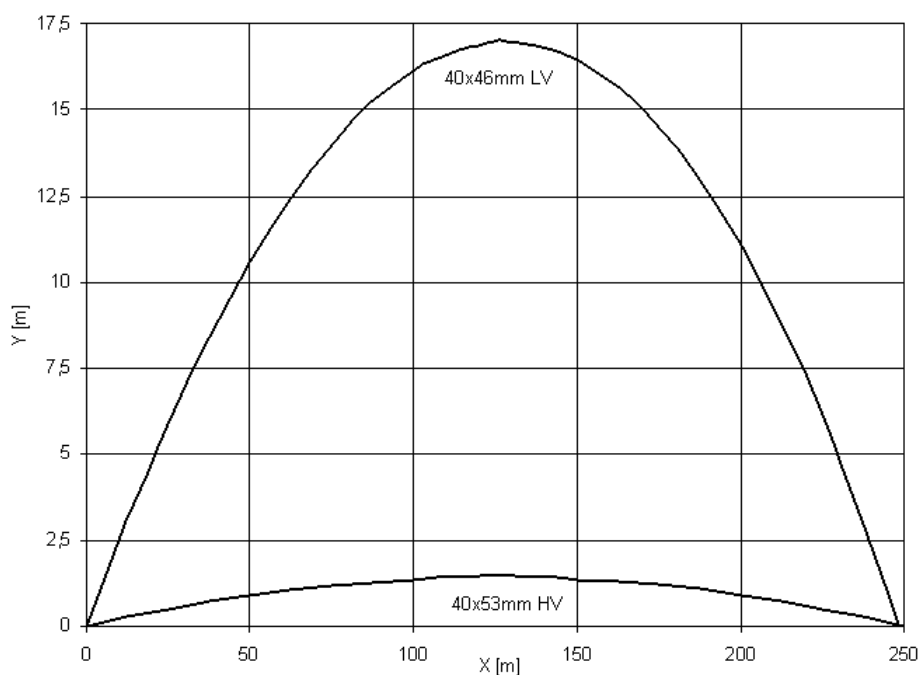
Granát 40x53 má výrazně plošší dráhu a i kratší dobu letu a tím i vyšší pravděpodobnost zásahu zejména pohyblivých cílů. Rovněž vliv meteo podmínek a

odhadu vzdálenosti cíle je u granátu 40x53 menší. Naproti tomu granát 40x46 má větší dopadové úhly a tím i výhodnější rozlet střepin.[6]

Problém zejména u granátu 40x46 je správný odhad vzdálenosti, pokud se spolehne pouze na odhad střelce je chyba 10 až 25% (podle vycvičenosti obsluhy). Vzhledem k velikosti dopadových úhlů a střelbě na plošný cíl je chyba odhadu vzdálenosti spolu se špatným odhadem meteo podmínek rozhodujícím vlivem na přesnost střelby. Technický rozptyl daný rozdílnou hmotností a tvarem střel, různou počáteční rychlostí granátu i tolerancemi výroby hlavně je výrazně menší než zmíněné chyby střelce.

Pro dosažení požadovaných dostřelů jsou u granátometu pro náboj 40x46 nutné velké úhlové rozsahy zaměřovače.

Na následujícím obrázku jsou pro srovnání znázorněny dráhy granátů 40x46 a 40x53 při střelbě na vzdálenost 250m.



Obrázek 26-Dráhy granátů 40x46mm a 40x53mm

6. Návrh hlavně

Pro návrh hlavně volím materiál Duraluminium 7075. Jeho vlastnosti jsou:

Mez kluzu v tahu 560 MPa, Mez pevnosti v tahu 640 MPa, Tvrdost 150 [BR]

Hodnota spotřebního náboje $P_{SN} = 21 \text{ MPa}$

Na podkladě průběhu tlaku zvýším tlak spotřebního náboje o 30% a vypočítám tlak tormentačního náboje podle vzorce $P_T = k_T \cdot P_{SN} \Rightarrow P_T = 1,3 \cdot 21 = 27,3 \text{ MPa}$

Vypočítám konstrukční tlak a to tak, že tlak tormentačního náboje P_T vynásobím součinitelem bezpečnosti k_B . U zvolené teorie HMM se pro místo maximálního tlaku volí $k_B = 1,2 - 1,4$. Konstrukční tlak vypočítám dle vzorce $P_K = k_B \cdot P_T \Rightarrow P_K = 1,2 \cdot 27,3 = 32,76 \text{ MPa}$

Vypočítám tloušťku stěny ze vzorce [1]

$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\alpha + \sqrt{4\alpha - 3}}{\alpha - 3}}, \quad \alpha = \frac{\sigma_K^2}{P_K^2}$$

vnitřní průměr hlavně podle náboje je $r_1 = 41,43$

Po dosazení-

$$\alpha = \frac{560^2}{32,76^2} = 292,20$$

$$r_2 = 41,43 \cdot \sqrt{\frac{292,20 + \sqrt{4 \cdot 292,20 - 3}}{292,20 - 3}} = 44 \text{ mm}$$

Podmínkou pevnosti hlavně počítané v pružné oblasti je, že se toto napětí nejvýše rovná mezi kluzu. To znamená že konstrukční tlak P_K by neměl přesáhnout tlak pro dosažení napětí na mezi pružného odporu P_E .

$$P_K \leq P_E$$

$$P_E = \sigma_K \cdot \frac{a^2 - 1}{\sqrt{3a^4 + 1}} \Rightarrow P_E = 560 \cdot \frac{1,06^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot 1,06^4 + 1}} = 31,66 MPa$$

$$a = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow a = \frac{44,01}{41,43} = 1,06$$

Není splněna podmínka pevnosti hlavně, tudíž volím vnější průměr hlavně

$$r_2 = 56 mm$$

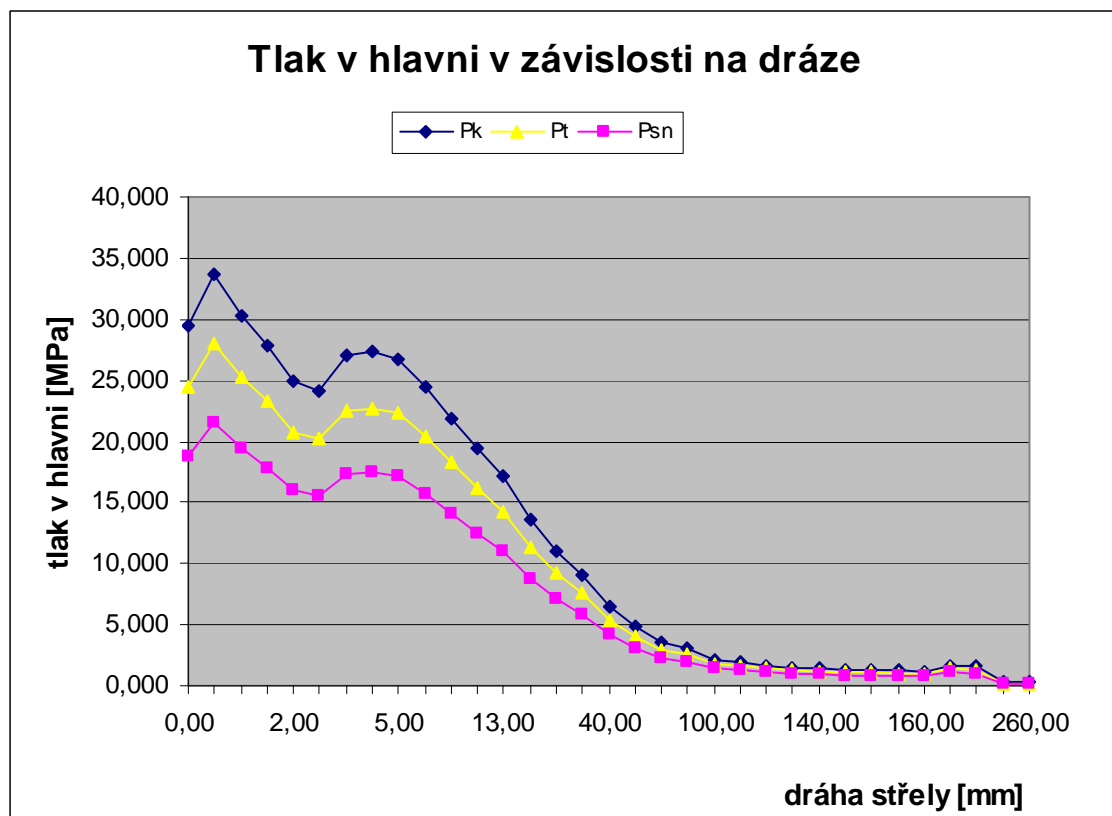
potom výpočet bude vypadat takto:

$$a = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow a = \frac{56}{41,43} = 1,35$$

$$P_E = \sigma_K \cdot \frac{a^2 - 1}{\sqrt{3a^4 + 1}} \Rightarrow P_E = 560 \cdot \frac{1,35^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot 1,35^4 + 1}} = 139 MPa$$

Nyní je podmínka pevnosti splněna.

Přikládám graf průběhu tlaku v hlavni. Část naměřených hodnot je uvedena níže podle[4] . Všechny hodnoty přikládám v příloze 2.



Graf 1-Tlak v hlavni v závislosti na dráze

Px(Pa)	Pk (MPa)	X(mm)	Pt(Pa)	k_b	k_t
0,1	0,156	0,00	0,13	1,1	1,3
0,833333	1,300	0,00	1,08	1,1	1,3
3,852564	6,010	0,00	5,01	1,1	1,3
7,692308	12,000	0,00	10,00	1,1	1,3
12,5641	19,600	0,00	16,33	1,1	1,3
18,84615	29,400	0,00	24,50	1,1	1,3
21,60256	33,700	0,10	28,08	1,1	1,3
19,42308	30,300	0,49	25,25	1,1	1,3
17,88462	27,900	1,13	23,25	1,1	1,3
15,96154	24,900	2,00	20,75	1,3	1,3
15,51282	24,200	3,07	20,17	1,3	1,3
17,37179	27,100	4,20	22,58	1,3	1,3
17,5	27,300	4,34	22,75	1,3	1,3

7. Zvolené konstrukční prvky pro navržený granátomet

Konstrukční prvek	Jednotky	Rozměry
Obecné charakteristiky		
Ráže	mm	40
Náboj	-	40x46 mm LV
Vo	m.s ⁻¹	76
Bicí mechanismus	-	Kladívkový, otočný
Spoušťový mechanismus	-	Napínací
Pojistka	-	Páková, blokace spoušťového jazýčku
Vytahovač	-	Odpružený
Vyhazovač	-	Odpružený
Rozměry vývrtu		
Průměr NK-začátek NK	mm	41,3
Průměr vývrtu v polích	mm	40,82
průměr vývrtu v drážkách	mm	41,3
Max. vnější průměr hlavně	mm	56
Šířka drážky	mm	[17,7]
Šířka pole	mm	3,5
Počet drážek	-	6
Stoupání drážek	mm/ot	1220
Délka hlavně	mm	310
Délka NK	mm	49
Závěrová vůle	mm	0,55
Délkové rozměry		
Celková délka	mm	310
Max. odemykací délka	mm	134
Vyčnívání úderníku	mm	0,4
Průměr úderníku	mm	0,8
Max. šířka	mm	75
Max. výška	mm	95
Hmotnostní rozměry		
Celková hmotnost zbraně	g	1300

Tabulka 4-Zvolené konstrukční prvky

Tyto prvky, které uvádím jsem použil v konstrukčním návrhu podvěsného granátometu a jsou zakresleny v konstrukčních výkresech viz. příloha 1.

8. Návrh základních takticko-technických požadavků pro nově vyvíjený objekt

Všeobecná ustanovení

- Podvěsný granátomet je určen pro ničení živých cílů a nepancéřovaných, nebo lehce pancéřovaných vozidel.
- Zbraň musí být komorována na standardní náboj podporovaný NATO – 40x46mm LV.

Požadavky na základní bojové (užitkové) vlastnosti zbraně

- Podvěsný granátomet řešit jako jednoranou zbraň s oboustranným nabíjením.
- Konstrukční provedení spoušťového mechanismu musí vylučovat možnost změny velikosti odporu spouště při rozebírání a skládání, dovolené uživateli zbraně. Typ spoušťového mechanismu volit DAO. Odpor spouště musí být v rozmezí 25 až 45 N. Konstrukce spoušťového mechanismu musí zajišťovat plynulý průběh odporu při spouštění.
- Spoušťový mechanismus musí mít mechanickou pojistku blokující zbraň proti nechtěnému výstřelu.
- Zbraň musí být zabezpečena vůči předčasnému výstřelu při neúplném uzamčení hlavně.
- Pro připojení granátometu ke zbrani použít rozhraní MIL-STD 1913.
- Instalace podvěsného granátometu ke zbrani v čase do 5 minut.
- Možnost instalace podvěsného granátometu do ramenní opěrky jednoduchým způsobem do 5 minut.
- Závěr zbraně řešit jako uzamčený, lůžkový s výsuvnou hlavní.
- Teoretická rychlost střelby cca 6-7 ran/min.
- Počáteční rychlost střely 76 m/s (dle délky hlavně).

- Hmotnost nenabitě zbraně do 1,7 kg
- Dálka účinné střelby: 150m (bodový cíl), 400m (umlčovací střelba)
- Přesnost střelby zbraně by měla vyhovovat požadavkům při dálce střelby 100m, ve střelecké poloze v kleče, nebo ve stoje, 3x10 ran následujícím požadavkům: Vzdálenost středního bodu zásahu od záměrného bodu $\Delta Y_{stř}$ (výška) musí být menší jak 0,3m. Vzdálenost středního bodu zásahu od záměrného bodu $\Delta Z_{stř}$ (šířka) musí být menší jak 0,2m.
- Zdvih zbraně vznikající při střelbě minimalizovat vhodnou konstrukcí zbraně.
- Materiál sunek a všech ostatních obalů (obal na zbraň a příslušenství) volit ve standardním maskovacím potisku AČR. Musí být nepromokavý a snadno udržovatelný.
- Každá zbraň musí mít vlastní soupravu čištění, nejlépe s využitím částí dílů z čištění nosné zbraně.
- Čistící souprava musí umožnit čištění vývrtu hlavně i méně přístupných míst zbraně a musí být ovladatelná i v zimních a protichemických rukavicích.
- Příprava zbraně ke střelbě musí být snadná a jednoduchá, proveditelná bez zrakové kontroly. Zbraň konstruovat se symetrickými ovládacími prvky pro ovládání praváky s možností jednoduché přestavby na ovládání levákem. Požaduje se opatřit zbraň mechanickými mířidly s možností jejich korekce při jejich nastřelování. Dělení stupnice hledí na základě výsledků vnější balistiky s předpokládaným dělením 50m. Mířidla zbraně musí umožňovat střelbu na tmavé i světlé pozadí a za snížené viditelnosti pokud lze rozeznat siluetu cíle. Možnost upevnění fluorescenčních mířidel trvale na zbrani. Mířidla musí být doplněna alespoň jednoduchou šablonou pro základní určení vzdálenosti cíle.

Parametry spolehlivosti

- Funkce zbraně a bezpečnost použití zbraně za normálních a ztížených podmínek exploatace musí splňovat požadavky dle TP-VD-637-81. Počet zádržek při střelbě nesmí překročit 0,2% při normálních a 0,5% při ztížených podmínkách exploatace. Závady zaviněné náboji se nepočítají. Závady během životnosti

zbraně, které by měly za následek poranění obsluhy, nebo neopravitelnost zbraně se nepřipouštějí.

Klimatické, geografické a jiné podmínky použitelnosti techniky

- Zbraň musí pracovat v rozsahu klimatických teplot v intervalu $+52^{\circ}\text{C}$ až -54°C (lépe $+71^{\circ}\text{C}$ až -54°C). Musí být schopna pracovat 24 hodin denně, v každém ročním období a také při různých nasazeních – pozemní, vzdušné a námořní jednotky. Manipulace se zbraní a střelba musí být proveditelná i při použití zimních rukavic, nebo prostředků protichemické ochrany jednotlivce. Zbraň zasažená ZHN musí být schopna odmoření běžnými odmořovacími prostředky používanými v AČR.
- Základní rozborka a sborka musí být snadná, proveditelná bez použití nářadí. Tvary a vazby jednotlivých součástí zbraní musí být takové, aby rozloženou zbraň bylo možno složit pouze jediným – správným způsobem.
- K běžné údržbě zbraně musí postačit jejich rozložení na skupiny, z nichž ani jedna nesmí mít charakter drobné, snadno ztratitelné součástky.
- Nastřelování a drobné opravy musí být proveditelné nářadím ze soupravy zbrojře.
- Ergonomika zbraně musí být řešená tak, aby byla umožněna bezproblémová výměna zásobníku hostitelské zbraně, při současném intuitivním ovládání celého kompletu automatická puška – granátomet.
- Konstrukci zbraně přizpůsobit snadnému čištění a ošetřování a odmořování předepsanými prostředky.
- V konstrukci jednotlivých součástek uplatnit zásadu tvarové nenáročnosti a minimalizovat počet součástí.
- Musí být zabezpečena plná vyměnitelnost všech součástí zbraně.
- Součástky zbraně musí být opatřeny vhodnou povrchovou ochranou. Vývrt hlavně musí být dodatečně chráněn povrchovou úpravou (povlakem) zamezujícím předčasnému opotřebení.

Požadavky na provoz, udržování a opravy zbraně

- Normy technické údržby se doplní až po uživatelských zkouškách.
- Normy pro běžné opravy se doplní až po uživatelských zkouškách.
- Normy pro střední a generální opravy se doplní až po uživatelských zkouškách.
- Funkční způsobilost zbraně min. 1000 výstřelů.
- Požadavky na náhradní díly dodávané s technikou
- Počet a druh náhradních součástí dodávaných se zbraní bude upřesněn po podnikových a uživatelských zkouškách. Dotyčné budou zabaleny pro dlouhodobé skladování.

Ostatní požadavky

- Požadavky na zpracování návrhu provozní a výcvikové dokumentace a pomůcek
- Se zbraní musí být dodáván předpis na použití a údržbu zbraně a názorné výcvikové pomůcky (tabla, řezy).
- Požadavky na použité suroviny, materiál a součásti zbraně co do kvality, dostupnosti a jiných vlastností
- Na zbraní by měly být použity v hojné míře materiály, které zvyšují její technické a taktické kvality a jsou lehké (lehké slitiny, plasty)
- Požadavky na obalovou techniku, na skladovatelnost a manipulační vlastnosti
- Pro přepravu a skladování zbraně (zbraní) – pokud nebude odběratelem stanoveno jinak – vyřešit kovovou, nebo plastovou (odolný plast) přepravní bednu. Bedna musí pojmut 10 ks zbraní taktických obalů a čištění. Ložený obsah musí být zabezpečen proti pohybu uvnitř bedny i při částečném naplnění.
- Bedna musí zabezpečovat dostatečnou ochranu uloženého obsahu, musí vyhovovat stahovacím podmínkám a normalizované paletizaci.
- Bedna musí umožňovat uzavření obsahu, pečetění obsahu, zajištění dvěma visacími zámkami a umístění zástrčné karty z vnějšku bedny.

- Na víku a přední straně bedny musí být uveden vhodný identifikační nápis provedený černou barvou. Rozsah identifikačního nápisu, jeho umístění a velikost písma určí odběratel před dodáním na kontrolní a uživatelské zkoušky.

Požadavky na ergonomiku

- Zbraň musí mít estetický vzhled. Povrch zbraně musí být matového provedení tmavé barvy, nesmí na něm být ostré hrany a výstupky.
- Každá zbraň musí být opatřena označením zbraně (ráží), výrobním číslem, tormentační značkou a smluvním označením výrobce.
- Požadavky na zpracování návrhu záručních podmínek výrobků ze sériové výroby
- Požaduje se poskytnout úplnou záruku na zbraně uložené v přepravní bedně a jejich příslušenství po dobu 20 let při uložení naplněných truhlíků v suchých, nevytápěných skladech.

Požadavky na vyřazování techniky z armády a její likvidaci

- Zbraň bude vyřazena ze služby v případě, že skončí její životnost, nebo bude shledána jako nezpůsobilou opravy.
- Požadavky na metrologické zabezpečení
- Pro zbraň se požaduje vyřešit soupravu měrek a nářadí pro potřebu úplného rozebrání zbrojířem.

9. Konstrukce a obsluha navržené zbraně

Podvěsný granátomet je určen jako podvěsná podpůrná zbraň pod útočnou pušku. Vystřeluje granáty s různým účinkem na vzdálenosti 150m (přesná střelba) a 400m (plošná střelba). Střela – granát je stabilizován rotací.

K útočné pušce je připevněn pomocí upevňovací lišty, která je dotahována dvěma maticemi. Poloha granátometu je dána klínkem zapadlým v drážkách.

Granátomet je zaměřován pomocí mušky hlavní hostující zbraně a hledí uchyceného na horní straně předpažbí.

Nabíjení zbraně se děje stlačením aretační páky hlavně (cca v $\frac{1}{2}$ nad hlavní z levé strany) a stáhnutím hlavně směrem dopředu. Po vložení náboje se hlaveň stáhne zpět. Po překonání odporu odpruženého vyhazovače zaskočí aretační páka do vybrání ve vedení hlavně a hlaveň se uzamkne. Pojistkou proti nechtěnému odpálení náboje v hlavní v případě, že nedojde k uzamčení je odpružený odskok hlavně a oddálení tak zápalky náboje od čela zápalníku.

U zbraně je napínací spoušťový mechanismus, kde se potřebná energie bicí pružiny akumuluje teprve při vlastním spouštění. Po napnutí bicího mechanismu dojde ve stanoveném místě ke sklouznutí (přesmyknutí) ozubu spoušťového táhla z ozubu kladívka a bicí pružina urychlí kladívko, které narazí na úderník.

Materiál těla zbraně je duralový odlitek (pevnostní dural EN AW 7075). Hlaveň je taktéž duralová s tvrdě eloxovaným vývrtem (deklarovaná životnost 1000 výstřelů). Povrchová úprava granátometu – polymerový lak černé barvy.

10. Závěr

Bakalářská práce je zpracována tak, aby vytvořila přehled granátometů a jejich munice. Dále pak seznámila s konstrukcí jednotlivých částí zbraně převážně u podvěsných granátometů. Objasnila rozdíly mezi dvěma základními náboji používanými pro granátometry v NATO – 40x46 mm LV a 40x53 mm HV a jejich vnitrobalistickými veličinami, které byly potřebné pro návrh hlavně.

Úkolem práce bylo ideově navrhnout podvěsný granátomet ráže 40x46 mm LV. Cena za modernizaci je větší než náklady spojené s používáním a výrobou takových zbraní, proto se v dnešní době neuvažuje jen o nejmodernějším vybavení, ale také o nejefektivnějším poměru cena/výkon. Není to jenom poměr cena/výkon, ale také neustálá snaha o co nejmenší hmotnost zbraně a používané munice. Vede to ke snaze jak snížení ráže tak o hledání nových konstrukčních materiálů, které jsou lehčí a zároveň pevnější např. nahrazení ocelové hlavně duralovou. Jelikož nejdůležitějším požadavkem na zbraně je spolehlivost a bezpečnost, opouštím od granátometů s elektronickým vybavením, které mohou v extrémních bojových podmínkách selhat a volím konstrukční prvky jednoduché a osvědčené. Myslím, že tato cesta je ta správná a v dalším vývoji granátometů nepostradatelná.

11. Seznam použité literatury

- [1] FIŠER, M.; PROCHÁZKA, S. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta] Ostrava: VŠB-TUO, 2007. 142 s. ISBN 978-80-248-1430-8.
- [2] FRIEDL, J. *Studie o puškových granátometech* [Bakalářská práce] Brno:UO,FVT 2009. 90 s.
- [3] FIŠER, M. *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta] Ostrava: VŠB-TUO, 2009. 144 s. ISBN 978-80-248-1021-8.
- [4] JUŘIČKA,R. *Návrh podvěsného granátometu ráže 40mm* [Diplomová práce] Brno:UO,FVT 2003. 80 s.
- [5] BEER, S.; PLÍHAL B.; VÍTEK R.; JEDLIČKA L. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta] Ostrava: VŠB-TUO, 2006. 118 s. ISBN 80-248-1022-0.
- [6] KOMENDA, J.; VÍTEK, R.;RYDLO, M. *Vnější balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta] Ostrava: VŠB-TUO, 2007. 140 s. ISBN 978-80-248-1027- 0.
- [7] Internet